

УДК 531/534: [57+61]

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ В УПРАЖНЕНИИ «ПОДЪЕМ ПО ШТУРМОВОЙ ЛЕСТНИЦЕ НА ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАЖ УЧЕБНОЙ БАШНИ»

Д.Н. Григоренко¹, К.К. Бондаренко², С.В. Шилько³

¹ Кафедра пожарной аварийно-спасательной и физической подготовки Гомельского инженерного института Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 246029, Беларусь, Гомель, ул. Речицкое шоссе, 35а, e-mail: grigorenkogii@mail.ru

² Кафедра физического воспитания и спорта Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, 246019, Беларусь, Гомель, ул. Советская, 104, e-mail: kostyabond67@mail.ru

³ Отдел механики адаптивных материалов и биомеханики Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси, 246050, Беларусь, Гомель, ул. Кирова, 32а, e-mail: shilko_mpr@mail.ru

Аннотация. В работе проведен кинематический анализ движений при выполнении соревновательного упражнения «подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни». Упражнение состоит из четырех этапов, на каждом из которых измерялись параметры соревновательного бега (время, скорость, количество беговых шагов, их длина и частота). Характеристики были найдены на основе видеоанализа соревнований, в которых участвовали ведущие спортсмены. Полученные данные позволяют оценить эффективность выполнения упражнений и являются основой для построения биомеханических моделей в дальнейшем.

Ключевые слова: соревновательное упражнение, длина беговых шагов, структура движений, беговой шаг.

ВВЕДЕНИЕ

Достижения в пожарно-спасательном спорте во многом определяются уровнем специальной физической и технической подготовки спортсменов, которая, в свою очередь, характеризуется силовой нагрузкой и кинематическим «качеством» выполнения упражнения. Это делает актуальным биомеханический анализ одного из основных соревновательных упражнений пожарно-спасательного спорта – «подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни», способствующий полной реализации мышечного и координационного потенциала спортсмена, минимизации травм и повышению эффективности тренировок.

Выполнение данного упражнения спортсменом всегда специфично, поскольку зависит от индивидуальной гибкости, силовых возможностей, особенностей нервно-мышечного аппарата, конституции тела, режима тренировки и соревнований. Необходимы биомеханические модели оптимальной техники отдельных элементов бега по штурмовой лестнице, которые надо принимать во внимание не только на начальном этапе подготовки, но и в процессе совершенствования спортивного мастерства, как это делается в других более детально исследованных видах спорта [2, 3, 5].

© Григоренко Д.Н., Бондаренко К.К., Шилько С.В., 2012

Григоренко Дмитрий Николаевич, начальник кафедры пожарной аварийно-спасательной и физической подготовки, Гомель

Бондаренко Константин Константинович, к.пед.н., завкафедрой физического воспитания и спорта, Гомель

Шилько Сергей Викторович, к.т.н., завотделом адаптивных материалов и биомеханики, Гомель

В связи с этим целью исследования явилось изучение кинематических параметров соревновательного бега высококвалифицированных спортсменов-спасателей при подъеме по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни. Основной задачей исследования было определение влияния кинематических параметров бегового шага на эффективность бега спортсменов-спасателей.

В настоящей статье, развивающей работы авторов в области биомеханики пожарно-спасательного спорта [1], анализируются кинематические характеристики соревновательной деятельности ведущих спортсменов Республики Беларусь по видеозаписям чемпионатов мира 2010 года (г. Донецк, Украина) и 2011 года (г. Котбус, Германия).

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СОРЕВНОВАНИЯ

Анализ и обработка результатов спортсменов-спасателей в подъеме по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни с учетом руководства [4] осуществлялись по следующим четырем отрезкам соревновательной дистанции:

- 1) старт, стартовый разбег, бег с лестницей, подвеска лестницы в окно второго этажа учебной башни;
- 2) марш по лестнице и посадка на подоконник второго этажа, выброс лестницы в окно третьего этажа учебной башни;
- 3) марш по лестнице и посадка на подоконник третьего этажа, выброс лестницы в окно четвертого этажа учебной башни;
- 4) марш по лестнице на четвертый этаж и финиш.

Отдельно были рассмотрены элементы дистанции: выбросы штурмовой лестницы на третий и четвертый этажи учебной башни. Упражнение «подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни» является скоростно-силовым, поскольку характеризуется непродолжительностью (13–20 с в зависимости от квалификации спортсменов) и максимально достижимой мощностью. Нужно отметить, что в данном упражнении результат зависит не только от скоростных и силовых качеств, но и от специальной выносливости и координационных способностей спортсмена, а также уровня владения пожарно-техническим снаряжением.

В табл. 1 представлены результаты соревновательного бега в данном упражнении сильнейших спортсменов-спасателей Республики Беларусь. Средний результат в подъеме по штурмовой лестнице равен 13,67 с и находится в диапазоне от 12,95 до 14,13 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В табл. 2 представлены сведения о структуре соревновательного бега в упражнении «подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни», включая гладкий бег до учебной башни со штурмовой лестницей ($S = 32,25$ м) и подъем по вертикальной стене на четвертый этаж учебной башни ($h = 10,4$ м). Упражнение складывается из движений циклического и ациклического характера, которые чередуются и выполняются в определенном темпе и ритме.

Дистанцию от старта до основания учебной башни спортсмен преодолевает за 21–22 беговых шага. На данном отрезке необходимо набрать максимальную скорость и перевести кинетическую энергию движения в потенциальную. Наивысшая скорость достигается через 20–22 м после старта. У сильнейших спортсменов Республики Беларусь она составляет $6,37 \pm 0,11$ м/с при частоте беговых шагов – $4,21 \pm 0,12$ шага/с. На первом отрезке (старт–подвеска) спортсмены показывают самую высокую скорость движения по сравнению с другими участками упражнения.

Таблица 1

**Кинематические параметры бега при выполнении упражнения
«подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни»**

Длина отрезка дистанции, м	Параметры	Инициалы спортсменов						Среднее значение со среднеквадратичным отклонением, $X \pm \sigma$
		Т.А.	С.В.	М.А.	М.С.	Я.В.	К.П.	
Старт–подвеска ($s = 32,25$ м)	t , с	5,18	4,96	5,07	4,99	5,04	5,14	5,06±0,09
	v , м/с	6,23	6,50	6,36	6,46	6,40	6,27	6,37±0,11
	n , шаг	21	21	21	22	21	22	21,29±0,49
	l , м	1,54	1,54	1,54	1,47	1,54	1,47	1,52±0,03
	r , шаг/с	4,05	4,23	4,14	4,41	4,17	4,28	4,21±0,12
Марш на второй этаж ($h = 3,2$ м)	t , с	1,44	1,06	1,54	1,52	1,70	1,55	1,47±0,22
	v , м/с	2,22	3,77	2,08	2,11	1,88	2,06	2,35±0,7
	n , шаг	4	4	4	4	4	4	4
	l , м	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	r , шаг/с	2,78	3,02	2,60	2,63	2,35	2,58	2,66±0,14
Выброс 1 ($h = 1,6$ м)	t , с	1,20	1,43	1,08	1,09	1,21	1,13	1,19±0,13
	v , м/с	1,33	1,12	1,48	1,47	1,32	1,42	1,36±0,13
	n , шаг	3	3	3	3	3	3	3
	l , м	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
	r , шаг/с	2,50	2,10	2,78	2,52	2,48	2,65	2,59±0,21
Марш между вторым и третьим этажом ($h = 2,6$ м)	t , с	2,02	1,88	2,11	2,09	2,12	2,12	1,98±0,09
	v , м/с	1,29	1,38	1,23	1,24	1,23	1,23	1,31±0,06
	n , шаг	5	5	5	5	5	5	5
	l , м	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
	r , шаг/с	2,48	2,66	2,37	2,39	2,26	2,36	2,42±0,14
Выброс 2 ($h = 1,6$ м)	t , с	1,12	1,25	1,30	1,21	1,26	1,26	1,23±0,06
	v , м/с	1,43	1,28	1,23	1,32	1,27	1,27	1,30±0,07
	n , шаг	3	3	3	3	3	3	3
	l , м	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
	r , шаг/с	2,68	2,40	2,31	2,48	2,38	2,38	2,44±0,13
Марш между третьим и четвертым этажом – финиш ($h = 4,6$ м)	t , с	2,74	2,37	2,59	2,75	2,80	2,7	2,66±0,16
	v , м/с	1,68	1,94	1,78	1,67	1,64	1,7	1,74±0,11
	n , шаг	7	7	7	7	7	7	7
	l , м	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
	r , шаг/с	2,55	2,95	2,70	2,55	2,50	2,59	2,64±0,17
Старт – финиш ($s = 32,25$ м, $h = 10,4$ м)	t , с	13,72	12,95	13,69	13,65	14,13	13,90	13,67±0,4
	v , м/с	3,11	3,29	3,12	3,12	3,02	3,07	3,12±0,09
	n , шаг	37	37	37	38	37	38	37,23±0,49
	l , м	1,15	1,15	1,15	1,12	1,15	1,12	1,14±0,01
	r , шаг/с	2,70	2,86	2,70	2,78	2,62	2,73	2,73±0,08

Примечание: s – длина отрезка дистанции, м; h – высота отрезка дистанции, м; t – время бега на отрезках, с; v – скорость бега на отрезках, м/с; n – количество беговых шагов на отрезках; l – длина беговых шагов на отрезках, м; r – частота беговых шагов на отрезках шаг/с

**Структура и характеристика основных движений в упражнении
«подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни»**

№ п/п	Название отрезка	Элементы основного движения	Характеристика элемента	Структура движения
1	Старт, стартовый разбег, бег с лестницей, подвеска лестницы в окно второго этажа учебной башни	Бег с лестницей до учебной башни	Старт, стартовый разбег; бег с лестницей (до момента начала перехвата лестницы над головой)	Циклическая
		Перевод лестницы над головой	Начало перехвата лестницы, перевод лестницы над головой, постановка лестницы на предохранительную подушку учебной башни	Ациклическая
		Подвеска лестницы в окно второго этажа	Постановка лестницы на предохранительную подушку, отталкивание от предохранительной подушки левой ногой, касание правой ногой первой (второй) ступеньки лестницы	Ациклическая
2	Марш по лестнице и посадка на подоконник второго этажа, выброс лестницы в окно третьего этажа учебной башни	Марш по лестнице до второго этажа	Касание правой ногой первой (второй) ступеньки лестницы, бег по лестнице, касание правой ногой девятой ступеньки лестницы	Циклическая
		Посадка на подоконник второго этажа	Постановка правой ноги на девятую ступеньку лестницы, посадка на подоконник второго этажа, начало подъема лестницы правой рукой с подоконника	Ациклическая
		Выброс лестницы в окно третьего этажа	Начало подъема лестницы с подоконника учебной башни, фиксация лестницы в окне третьего этажа	Ациклическая
3	Марш по лестнице и посадка на подоконник третьего этажа, выброс лестницы в окно четвертого этажа учебной башни	Подъем с подоконника второго этажа	Лестница зафиксирована на третьем этаже, подъем из положения сидя на подоконнике, отталкивание от подоконника левой ногой, правая нога становится на пятую ступеньку лестницы	Ациклическая
		Марш по лестнице между вторым и третьим этажом	Постановка правой ноги на пятую ступеньку лестницы, бег по лестнице, постановка правой ноги на девятую ступеньку лестницы	Циклическая
		Посадка на подоконник третьего этажа	Постановка левой ноги на девятую ступеньку лестницы, посадка на подоконник третьего этажа, начало подъема лестницы правой рукой с подоконника	Ациклическая
		Выброс лестницы в окно четвертого этажа	Начало подъема лестницы с подоконника, фиксация лестницы в окне четвертого этажа	Ациклическая

Окончание табл. 2

№ п/п	Название отрезка	Элементы основного движения	Характеристика элемента	Структура движения
4	Марш по лестнице на четвертый этаж и финиш	Подъем с подоконника третьего этажа	Лестница зафиксирована в окне четвертого этажа, подъем из положения сидя на подоконнике, отталкивание от подоконника левой ногой, правая нога становится на пятую ступеньку лестницы	Ациклическая
		Марш по лестнице между третьим и четвертым этажом	Постановка правой ноги на пятую ступеньку лестницы, бег по лестнице, постановка правой ноги на девятую ступеньку лестницы	Циклическая
		Финиш	Постановка правой ноги на девятую ступеньку лестницы, посадка на подоконник четвертого этажа, касание контактных площадок	Ациклическая

Цикл бегового шага на данном отрезке аналогичен циклу бегового шага на спринтерских дистанциях легкой атлетики. Он состоит из фазы опоры (амортизация, прохождение проекции вертикали и отталкивание) и фазы полета (движение маховой ноги вперед и опускание ее на опору). Исследования показывают, что эффективность техники бега, в первую очередь, зависит от характера постановки ноги на поверхность дорожки и действий спортсмена в период опоры. Это отражается на скорости и экономичности бега. Отличительной особенностью является старт и бег по дистанции со штурмовой лестницей.

По команде «На старт!» спортсмен занимает исходное положение в стартовых колодках и проверяет правой рукой центровку штурмовой лестницы (между седьмой и восьмой ступеньками), что важно при выполнении бега со штурмовой лестницей, ее перехвата и подвески на второй этаж учебной башни (рис. 1, *a*). Крюк лестницы расположен сзади и направлен от спортсмена. Левая рука опирается на верхнюю тетиву штурмовой лестницы таким образом, чтобы по команде «Внимание!» вес тела спортсмена равномерно распределился между опорными точками (рис. 1, *б*). Центр тяжести лестницы несколько смещен в сторону башмаков, что позволяет контролировать лестницу и избежать ее перевешивания в сторону крюка (рис. 1, *в, г*). Штурмовая лестница переносится в правой руке за верхнюю тетиву. Правая рука согнута в локтевом суставе до угла 120–130°. Угол наклона штурмовой лестницы относительно беговой дорожки во время бега по дистанции составляет не менее 5–10° (рис. 1, *д*).

Через 22–24 м после старта спортсмен переводит лестницу в положение над головой. В момент выполнения перехвата левой рукой берет штурмовую лестницу за верхнюю тетиву максимально близко к центру тяжести, что позволяет избежать перевешивания лестницы в сторону крюка (рис. 2, *a*). Правая рука переключается на нижнюю тетиву, и двумя руками лестница переводится в положение над головой (рис. 2, *б, в*).

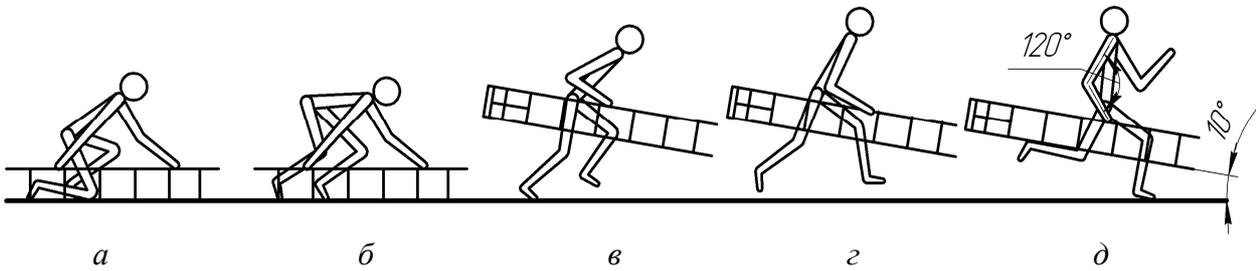


Рис. 1. Старт, стартовый разгон, бег по дистанции

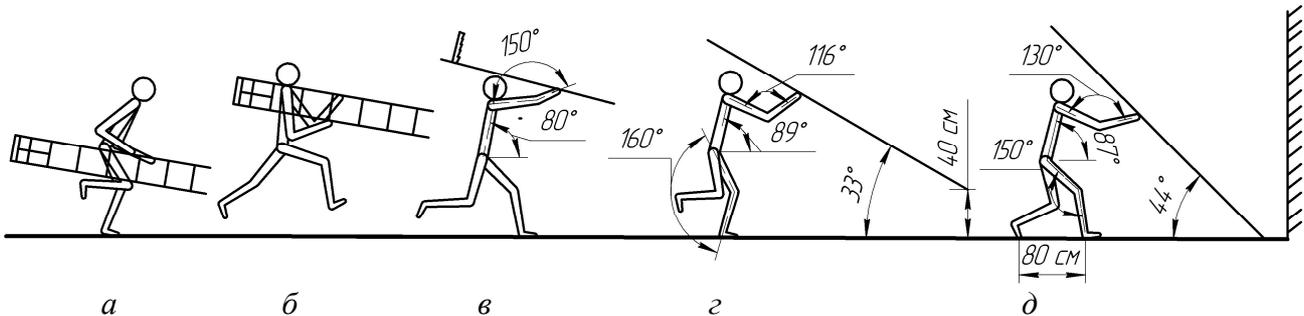


Рис. 2. Перевод лестницы в положение над головой и подготовка к подвеске

При выполнении перехвата лестницы предплечья рук расположены параллельно относительно друг друга, локтевые суставы не разводятся в стороны. На расстоянии 4–5 м от учебной башни руки в локтевых суставах выпрямляются до угла $150 \pm 5^\circ$, корпус тела подается вперед по ходу движения. Угол наклона туловища достигает $80 \pm 3^\circ$ относительно беговой дорожки (рис. 2, в). Башмаки лестницы не рекомендуется поднимать на высоту более 40 ± 10 см от поверхности беговой дорожки. Это позволяет сохранить контроль штурмовой лестницы и обеспечить надежное выполнение подвески, не снижая скорость движения спортсмена. Угол наклона штурмовой лестницы относительно беговой дорожки в фазе амортизации составляет $33 \pm 5^\circ$ (рис. 2, г). Перед учебной башней происходит незначительное притормаживание и подготовка к подвеске лестницы на второй этаж учебной башни. В момент касания башмаками штурмовой лестницы предохранительной подушки угол наклона лестницы относительно предохранительной подушки соответствует $44 \pm 3^\circ$. Скорость несколько снижается, корпус выпрямляется и занимает положение $87 \pm 2^\circ$ относительно беговой дорожки. При этом длина шага уменьшается до 80–85 см и увеличивается частота беговых шагов до 6–6,5 шага/с. Угол сгибания опорной ноги на предпоследнем шаге в фазе полета составляет $150 \pm 3^\circ$ (рис. 2, д).

До начала отталкивания от предохранительной подушки мышцы работают в уступающем режиме, а в момент подвески – в преодолевающем. Происходит подседание на опорной ноге (угол в коленном суставе достигает $95 \pm 3^\circ$), необходимое для выполнения отталкивания и перевода скорости бега из горизонтальной плоскости в вертикальную (см. рис. 3, а). Максимальное отклонение тела перед подвеской штурмовой лестницы составляет $100 \pm 2^\circ$, что предотвращает значительную потерю скорости движения. Касание «башмаками» лестницы «страхующей подушки» выполняется на расстоянии 30–40 см от учебной башни (рис. 3, б). При постановке штурмовой лестницы руки спортсмена, не теряя контакта с лестницей, открытыми ладонями прижимают ее к учебной башне, скользят по тетивам до уровня 5–6-й ступеньки и переводят штурмовую лестницу в вертикальное положение. В момент, когда лестница достигнет угла наклона относительно поверхности страхующей «подушки» $45 \pm 5^\circ$, спортсмен выполняет движение руками вперед–вверх (рис. 3, а–д).

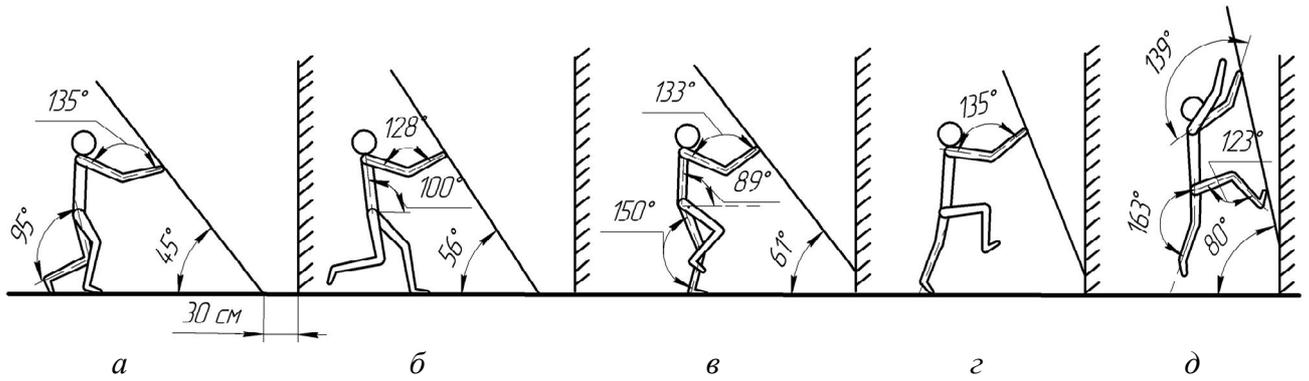


Рис. 3. Подвеска штурмовой лестницы на второй этаж учебной башни

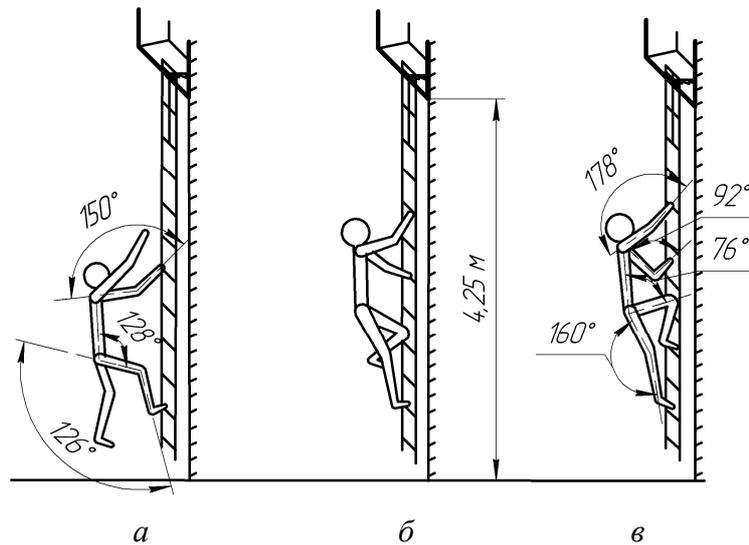


Рис. 4. Марш по штурмовой лестнице до второго этажа учебной башни

Правая нога ставится на ступеньку лестницы, фиксируется в подвешенном положении (рис. 4, а). В зависимости от техники подвески лестницы во второй этаж учебной башни начало бега по лестнице начинается с первой либо со второй ступеньки.

Далее происходит вертикальный подъем по наружной стене учебной башни при помощи штурмовой лестницы. До посадки в окно второго этажа спортсмен выполняет четыре беговых шага по лестнице. В начале бега с первой ступеньки лестницы используются следующие ступеньки: для ног – первая, третья, пятая, седьмая, девятая; для рук – пятая, седьмая, девятая, одиннадцатая, тринадцатая. В начале бега со второй ступеньки лестницы используются следующие ступеньки: для ног – вторая, четвертая, шестая, восьмая, девятая; для рук – шестая, восьмая, десятая, одиннадцатая, тринадцатая. В начальной фазе бега по штурмовой лестнице угол сгибания в коленном суставе правой ноги в момент касания ступеньки составляет $126 \pm 3^\circ$. Уменьшение данного угла отражается на низком начальном положении таза относительно горизонтальной плоскости проекции первой (второй) ступеньки лестницы, что приводит к увеличению времени постановки левой ноги на следующую, третью (четвертую) ступеньку лестницы. Угол между бедром правой ноги и туловищем соответствует $128 \pm 3^\circ$, угол в локтевом суставе левой руки – $150 \pm 2^\circ$ (рис. 4, а). Уменьшение данных углов приводит к «прилипанию» к штурмовой лестнице, кратковременной остановке движения и потере скорости бега по лестнице. Высота подъема от уровня предохранительной подушки до подоконника второго этажа учебной башни составляет 4 м 25 см (рис. 4, б). При последующем шаге минимальный угол в локтевом суставе левой руки составляет $92 \pm 2^\circ$. Правая рука практически прямая – $178 \pm 2^\circ$.

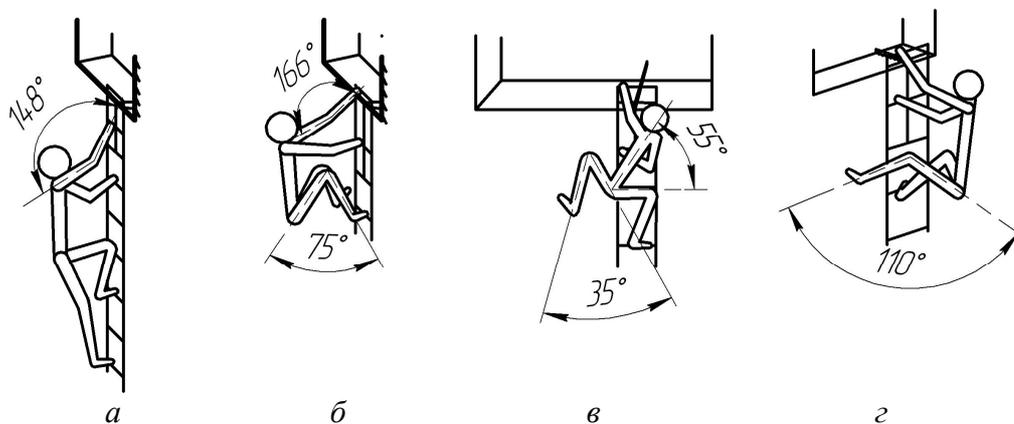


Рис. 5. Подготовка к седу на подоконник второго (третьего) этажа учебной башни

Максимальное значение угла в коленном суставе при отталкивании – $160 \pm 3^\circ$. Угол между маховой ногой и туловищем достигает $76 \pm 2^\circ$ (рис. 4, в). Все значения углов способствуют вертикальному положению тела и активному прохождению ступенек лестницы.

Сед во второй этаж учебной башни осуществляется с постановки правой ноги на девятую ступеньку. Отличительной особенностью является то, что в начале бега со второй ступеньки последний шаг выполняется с постановки левой ноги на восьмую ступеньку, т.е. спортсмен ставит ногу на каждую ступеньку (восьмая – девятая). Данная техника выполнения начала седа имеет определенное преимущество ввиду более короткого последнего шага (всего 30 см – это расстояние между ступеньками), а значит, и более активного маха в окно и выполнения седа на подоконник. Во всех случаях выполнения седа правая нога остается согнутой в коленном суставе под углом $75 \pm 5^\circ$ (рис. 5, б), плечевой пояс отклоняется вправо от вертикальной оси до угла $55 \pm 5^\circ$, левая нога посылается в окно через левую сторону, поднимаясь вверх и сгибаясь при махе в коленном суставе под углом $35 \pm 5^\circ$ (рис. 5, в, г). Разгибание правой ноги происходит после того, как стопа левой ноги окажется над подоконником оконного проема. Данное положение в комплексе с быстрым разгибанием опорной ноги и энергичным перемещением туловища с помощью рук в окно создает инерцию движения тела, способствующего более активному выбросу лестницы.

В момент завершения посадки на подоконник учебной башни левая рука активно переходит с тринадцатой ступеньки на подоконник, создавая устойчивое положение тела и рычаг для работы правой рукой, а также обеспечивая активное начало движения при выбросе лестницы (рис. 6, а). Кистевым движением правой руки спортсмен разворачивает крюк лестницы над головой. Перемещение лестницы в третий (четвертый) этаж учебной башни производится за три подъема: правая рука выполняет два подъема, левая – один. При выполнении первого движения выброса лестницы правая рука поднимает лестницу за одиннадцатую ступеньку и сгибается в локтевом суставе до угла $100 \pm 5^\circ$ (рис. 6, а). Увеличение этого угла приводит к отклонению лестницы от движения вверх по вертикали и потерям энергии при выравнивании лестницы и завершении выброса точной завеской в следующий этаж учебной башни.

По мере движения штурмовой лестницы вверх левая рука перехватывает ее за тетиву в районе восьмой ступеньки, придавая лестнице дополнительное ускорение. Второе движение выброса выполняется очень активно и должно придать лестнице строго вертикальное перемещение (рис. 6, б, в).

Завершается выброс правой рукой подъемом лестницы за тетиву между пятой и шестой ступеньками (рис. 6, г). В момент, когда крюк штурмовой лестницы достигает уровня подоконника вышерасположенного этажа, спортсмен двумя руками поворачивает лестницу в окно вышерасположенного этажа и подвешивает ее за крюк.

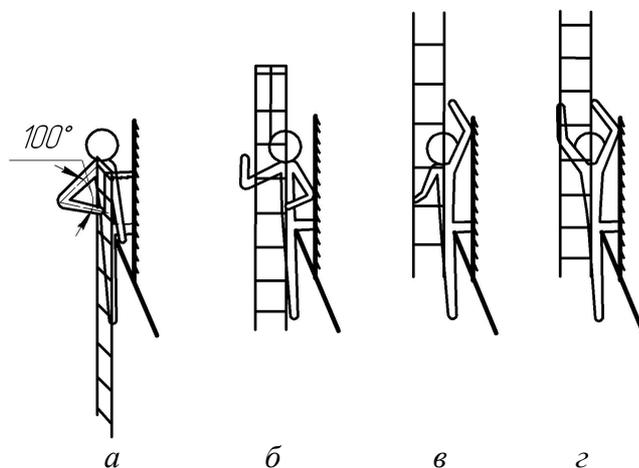


Рис. 6. Выброс штурмовой лестницы на третий (четвертый) этаж учебной башни

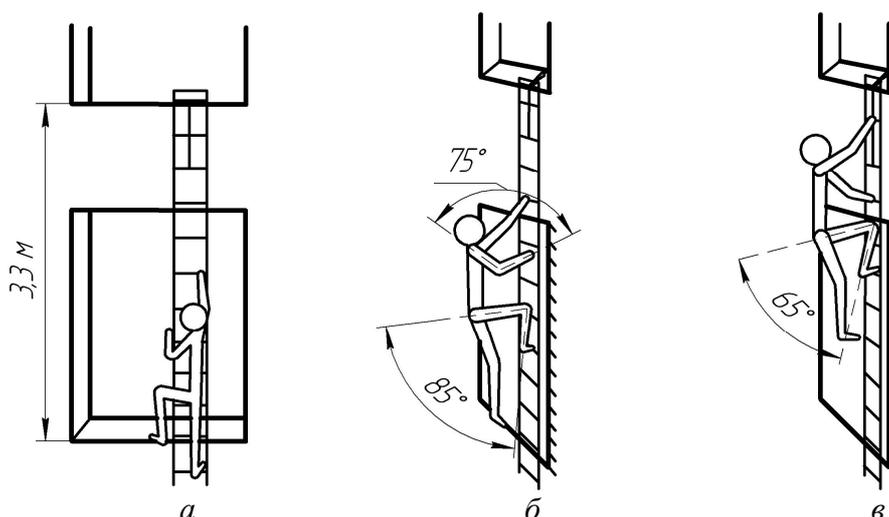


Рис. 7. Подъем из положения сидя на подоконнике и выход на лестницу

Одновременно с подвеской правая нога ставится на первую ступеньку лестницы. Все элементы выброса выполняются в быстром темпе, и скорость последующего движения зависит от правильности выполнения предыдущего.

После завершения выброса правая рука отпускает штурмовую лестницу и спортсмен выполняет подъем с подоконника: встает на правой ноге на первой ступеньке лестницы (рис. 7, а), правой рукой берется за седьмую либо за восьмую ступеньку (в зависимости от его телосложения и физических качеств), а левой ногой отталкивается от подоконника. Корпус тела при этом разворачивается, спортсмен занимает положение лицом к штурмовой лестнице. Спортсмен поднимает колено правой ноги вверх и ставит ногу на пятую ступеньку штурмовой лестницы. Левая рука берется за девятую ступеньку, а левая нога ставится на седьмую ступеньку. Об эффективности и взрывном характере отталкивания от подоконника свидетельствуют следующие параметры: угол сгибания в коленном суставе правой ноги в момент касания пятой ступеньки составляет $75 \pm 5^\circ$, угол между бедром правой ноги и корпусом – $85 \pm 5^\circ$ (рис. 7, б, в). Уменьшение данных углов не способствует активному подъему на правой ноге на пятую ступеньку и быстрому выполнению следующего бегового шага. Движения маховой ноги (правой) также свидетельствуют о высокой эффективности техники бега. Сегменты маховой ноги (бедро, голень и стопа) создают инерцию движения вверх. Эффективность бегового шага определяется также угловой скоростью движения стопы и особенно траекторией движения бедра правой ноги.

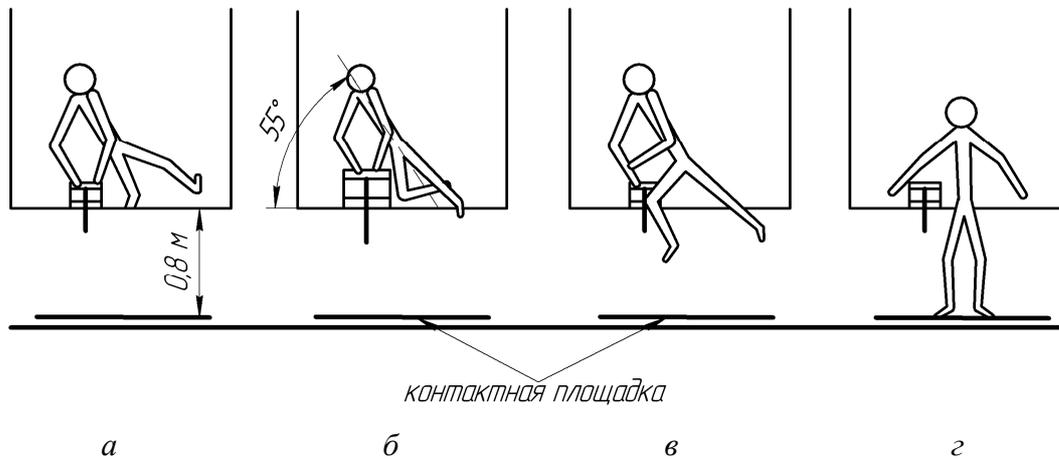


Рис. 8. Финиширование в проем окна четвертого этажа учебной башни

Для достижения высокой скорости бега по штурмовой лестнице необходимы активное отталкивание от подоконника левой ногой и опережающая работа рук.

При выполнении седа в третий этаж учебной башни последний шаг осуществляется с постановки левой ноги на седьмую ступеньку. Дальнейшая техника бега (сед в окно третьего этажа учебной башни, выброс лестницы на четвертый этаж, подъем с подоконника и выход на пятую ступеньку, бег по лестнице) аналогична технике бега на нижних этажах учебной башни.

Финиширование выполняется из положения, когда обе руки находятся на тринадцатой ступеньке лестницы. Маховым движением левая нога посылается в левый угол оконного проема, а руки активным движением втягивают корпус тела в окно (рис. 8, а). Далее правая нога сгибается в колене и под левой ногой переходит за подоконник. Угол наклона корпуса относительно подоконника составляет $55 \pm 5^\circ$ (рис. 8, б). Левая рука отпускает лестницу, и вес тела переносится на правую руку. Оттолкнувшись левой ногой от подоконника и правой рукой от лестницы, спортсмен финиширует на пол четвертого этажа учебной башни, замыкая контактные площадки (рис. 8, в). Упражнение считается выполненным, если участник закончил дистанцию в соответствии с правилами соревнований и обеими ногами коснулся пола четвертого этажа учебной башни (рис. 8, г).

Выводы

1. Особенностью упражнения «подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни» является то, что дистанция состоит из двух совершенно разных по исполнению отрезков: горизонтального бега до основания учебной башни и вертикального подъема по наружной стене учебной башни. Соревновательный результат зависит от скорости бега на данных отрезках, техники выполнения отдельных элементов упражнения (сед, выброс лестницы, марш между этажами и т.д.) и затрат времени на подготовку и выполнение этих элементов.

2. Наивысшую скорость спортсмен показывает на участке дистанции от старта до подвески штурмовой лестницы во второй этаж учебной башни $6,37 \pm 0,11$ м/с. У сильнейших спортсменов стартовый разбег и достижение максимальной скорости отмечается через 20–22 м после старта.

3. Важнейшим фактором эффективности техники бега по штурмовой лестнице является выбор момента опоры (контакт стопы со ступенькой лестницы), при котором потери скорости минимальны. Длительность контакта стопы со ступенькой лестницы в момент амортизации должна быть по возможности сокращена. Сокращение амортизационной фазы и незначительная потеря вертикальной скорости могут быть достигнуты путем опережающей работы рук.

4. Малые углы сгибания стопы и коленного сустава в амортизационной фазе при беге по ступенькам лестницы позволяют сохранить высокую скорость бега, а также характеризуют способность скелетных мышц поддерживать высокий потенциал даже в период утомления. Эффективность техники сильнейших спортсменов-спасателей выражается в высоком положении общего центра масс тела и оптимальном угле сгибания маховой ноги в период опоры ($85 \pm 5^\circ$).

5. Минимальные значения скорости бега отмечаются на отрезках «выброс лестницы в третий этаж учебной башни» и «выброс лестницы в четвертый этаж учебной башни» (1,19–1,23 м/с), когда скорость на данном отрезке определяется скоростью работы рук, а также на отрезках «марш между вторым и третьим этажом учебной башни» и «марш между третьим и четвертым этажом учебной башни» (1,31–1,74 м/с), когда начальная скорость бега спортсмена из положения сидя на подоконнике равна нулю.

6. Техника подъема по штурмовой лестнице формируется с учетом биомеханических особенностей данного упражнения пожарно-спасательного спорта и особенностей работы мышц, отвечающих за бег со штурмовой лестницей до учебной башни, марш по лестнице, посадку на подоконник учебной башни, выброс лестницы в верхние этажи учебной башни и финиширование.

Использование тренерами и спортсменами результатов проведенного биомеханического анализа соревновательных упражнений позволит стабилизировать уровень спортивных достижений; наметить пути совершенствования тренировочного процесса и будет способствовать стабилизации психологического состояния атлетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григоренко Д.Н., Бондаренко К.К., Шилько С.В. Кинематический и силовой анализ соревновательных упражнений при беге с препятствиями // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15, № 3. – С. 61–70.
2. Зациорский В.М., Аругин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
3. Мирзоев О.М. Сравнительный анализ кинематических параметров бега на 100 м у сильнейших спринтеров мира и России в условиях соревновательной деятельности // Сб. тр. ученых РГАФК. – М., 1999. – С. 51–58.
4. Руководство по пожарно-строевой подготовке. – URL: <http://test-mag.ru/index.php/2011-06-29-18-28-30> (дата обращения: 12.05.2012).
5. Hanley B., Bissas A. Kinematic characteristics of elite men's and women's 20 km race walking and their variation during the race // Sports Biomechanics. – 2011. – Vol. 10, No. 2. – P. 110–124.

ANALYSIS OF MOVEMENT KINEMATIC PARAMETERS DURING PERFORMING EXERCISE “CLIMBING WITH THE ASSAULT-LADDER TO THE FOURTH FLOOR OF A TRAINING TOWER”

D.N. Grigorenko, K.K. Bondarenko, S.V. Shilko (Gomel, Belarus)

The paper contains a kinematic analysis of movements at the performance of competitive exercise “climbing a training tower with the assault-ladder to the fourth floor of a training tower”. Exercise consists of four phases, which are characterized by measured parameters of competitive running (running time, running speed, number of running steps, length of running steps, the frequency of running steps). The characteristics were obtained from video analysis of competitions, which involved the leading athletes. The obtained data allow us to evaluate the effectiveness of exercise and are the basis for the creation of biomechanical models in the future.

Key words: competitive exercise, length of running steps, movement structure, running step.

Получено 28 мая 2012